IL SETTORE DI STEPHENSON

DISSERTAZIONE

presentata alla Commissione Esaminatrice

della R. Scuola d'Applicazione per gl'Ingegneri in Torino

DA

CLAVARINO FILIPPO

DA RIVAROLO (LIGURE)

per ottenere il Diploma di Laurea

DI

INGEGNERE CIVILE

1872

TORINO

VINCENZO BONA

Tipografo di S. M.

IL SETTORE DI STEPHENSON

DISSERTAZIONE

presentata alla Commissione Esaminatrice

della R. Scuola d'Applicazione per gl'Ingegneri in Torino

DA

CLAVARINO FILIPPO

DA RIVAROLO (LIGURE)

per ottenere il Diploma di Laurea

DI

INGEGNERE CIVILE

1872

TORINO

VINCENZO BONA

Tipografo di S. M.

AL MIO CARO PADRE

ESEMPIO AI SUOI FIGLI

DI PROBITÀ E D'INDEFESSO LAVORO

ALLA

AMOROSA MADRE

A ME INCOMPARABILE GUIDA

NEI DIFFICILI ANNI GIOVANILI

RICONOSCENTE

QUESTO MIO POVERO SCRITTO

DEDICO

E LA GIOIA DI QUESTO GIORNO

CONSACRO

IL SETTORE DI STEPHENSON

Scopo principale dei meccanismi di distribuzione. — Le macchine a vapore, specialmente le locomotive e di navigazione, devono essere suscettive di poter camminare ora in un senso ed ora in senso inverso.

In questi casi il meccanismo di distribuzione dovrà essere tale che continuando il cassetto ed il cilindro a muoversi nello stesso modo, possa la macchina camminare, secondo il bisogno, in senso diretto od in senso inverso.

Varii e diversi sono i meccanismi che servono a tale scopo; ma quello che meglio vi soddisfa e che ha inoltre la proprietà di poter con esso far variare il grado di espansione è quello che ci siamo proposto di descrivere.

I.

Descrizione del Meccanismo.

Meccanismo a due eccentrici con settore di Stephenson. — Impiegasi assai di sovente per le macchine a vapore marine il meccanismo d'inversione del moto che è attualmente d'un uso esclusivo per le macchine a vapore locomotive e conosciuto sotto il nome di *Settore di Stephenson.*

Quest'apparecchio (tav. I, fig. 1ª) è composto di due eccentrici calettati sull'albero motore, e le loro aste sono riunite fra loro ed all'asta *Q* del cassetto di distribuzione per mezzo del settore circolare *S* chiamato *Settore di Stephenson* dal nome del suo inventore.

Le due bielle *q* e *q'* d'eccentrico sono riunite al settore per mezzo di semplici articolazioni. Ma l'asta *Q* del cassetto gli è riunita col mezzo del fessoio *c* che è fatto in modo da poter scorrere nel settore. Il settore poi è sostenuto dall'asta di sospensione *a b*, questa è a sua volta articolata alla leva *m*, detta Leva di comando. A quest'ultima si può, per mezzo di tacche scolpite nell'arco fisso $\alpha\beta$ dare differenti posizioni attorno al punto *O*.

Inversione del moto. — Ciò posto, immaginiamo che si porti la leva *m* dal punto β al punto α dell'arco $\alpha\beta$.

Egli è evidente che i due raggi d'eccentrico *Ae*, *Ae'* rimarranno fissi. Ma il settore striscierà sul fessoio *c*, mentre che le aste *q*, *q'*, trascinate dal settore, gireranno attorno ai punti *e* ed *e'*. Tutto il meccanismo verrà così ad occupare una nuova posizione, che abbiamo rappresentata in linee punteggiate.

In questa posizione il meccanismo sarà disposto per la corsa inversa. (In pratica abitualmente il meccanismo è in tal modo disposto che sia in basso la posizione per la corsa diretta ed in alto quella per la corsa retrograda).

Posizione del PUNTO MORTO *del settore.* — Quando la leva *m* corrisponde alla tacca posta alla metà dell'arco $\alpha\beta$, il settore è detto nella posizione del *punto morto*, ed il punto di mezzo del settore coincide colla posizione del fessoio. Questa posi-

zione è quella che corrisponde alla fermata della macchina. E ciò perchè: in primo luogo si è tanto egualmente pronti per la corsa diretta come per la retrograda; in secondo luogo, poichè per la natura del meccanismo il punto di mezzo del settore non ha mai che un movimento ristretto, ne segue che nella considerata posizione del settore il cassetto distributore non farà che una corsa minima. Ma vi è sovrattutto da osservare che questa corsa altera completamente la distribuzione del vapore. Di modo che, ammettendo che la macchina giri ancora al primo istante in cui la leva *m* è posta nella tacca di mezzo, essa non tarderà a fermarsi.

Aggiungiamo che il movimento del punto di mezzo del settore raggiunge sempre i $^3/_4$ di quello delle sue estremità. Così non bisogna credere, come alcuni ritengono, che questo movimento sia quasi nullo e che nella posizione del punto morto del settore gli orifizii dei cilindri sieno sempre esattamente chiusi al vapore dai piedi della valvola di distribuzione, qualunque sia il punto ove si consideri la macchina. Anzi, vi sono certe posizioni del cilindro per cui, nella posizione di cui parliamo, la valvola lascia notabilmente aperte le luci laterali della distribuzione. Ciò che si può, senza tema d'errore, affermare per questa posizione del settore, gli è che la distribuzione del vapore resta alterata e che l'apparecchio non potrebbe fare un giro completo. Ma esso potrebbe muoversi un poco. E ciò spiega perchè col settore di Stephenson sia necessario per fermare la macchina chiudere dapprima la valvola di presa del vapore.

Espansione variabile. — Il settore di Stephenson serve ancora per far variare il grado di espansione, ossia per avere un'*espansione variabile.*

Basta a questo scopo sospendere il settore a differenti altezze, comprese fra il punto corrispondente alla corsa diretta a tutto vapore e la posizione del punto morto. In altri termini, basta fissare la leva di comando in quelle tacche comprese fra ciascuna delle estreme e la media.

La corsa del cassetto diventerà allora di più in più limitata, ma conservando però, grazie alla forma del settore, quasi sempre lo stesso punto di mezzo.

Inconvenienti della leva di comando a tacche. — La leva di comando a tacche ha gli inconvenienti seguenti:

1° Non si può approfittare di tutti i vantaggi dell'espansione variabile;

2° La pressione del vapore sul cassetto è tale che per far manovrare la leva senza interromperc il movimento, il macchinista deve dapprima chiudere la valvola di presa del vapore, per riaprirla in seguito dopo che la posizione della leva sia cambiata;

3° Benchè chiusa la valvola, essa lascia sovente passare tanto vaporc sufficiente perchè la pressione sul cassetto renda necessario un energico sforzo pcr spostare il settore;

4° Questi sforzi consumano gli organi del meccanismo e cagionano così aumento delle resistenze e di spese di riparazioni.

Leva di comando a vite. — Per correggere in parte questi difetti serve la leva di comando a vite, da cui vedesi la disposizione nella fig. 3ª, tavola I. Essa può far prendere al settore tutte le posizioni possibili con grande facilità, senza troppi sforzi e senza aver bisogno di chiuder prima la valvola di presa del vapore.

Vantaggi del settore di Stephenson e suoi inconvenienti. — Il settore di Stephenson è assai impiegato nelle macchine marine da guerra e mercantili. Questo meccanismo presenta il vantaggio di sopprimere l'albero intermediario e gli ingranaggi che producono molto frastuono e sono soventi assai pericolosi. La sua manovra è facile e può aver luogo anche quando la macchina è a tutto vapore. Nelle macchine di poca forza, ove le proporzioni non sono molto considerevoli, esso è d'un impiego molto soddisfacente. D'altra parte però il settore presenta articolazioni moltiplicate, soggette a consumarsi, cagionando delle perdite di tempo nocive all'esattezza della distribuzione. Quando poi il meccanismo prende grandi dimensioni, esso è esposto ad oscillazioni trasversali che consumano le articolazioni.

Non ostante questi difetti, che vanno man mano diminuendo in grazia di successivi perfezionamenti, il meccanismo di distribuzione col settore di Stephenson è a preferirsi a tutti gli altri meccanismi ed è ad augurarsi ch'esso finisca per essere esclusivamente impiegato come organo d'inversione del moto.

Descrizione del meccanismo disegnato nella fig. 3ª, *tav.* I. — Il meccanismo della distribuzione del vapore col settore di Stephenson, rappresentato nella tav. I, fig. 3ª, appartiene alle macchine della *Ville de Nantes*. Esso non differisce affatto da quello di cui abbiamo parlato finora. Però l'asta di sospensione del settore è articolata ad una manovella fissata ad un albero che si fa muovere col mezzo di una ruota dentata ingranante con una vite perpetua che si fa girare con volante a mano.

Sue dimensioni. — Le dimensioni principali di questo meccanismo sono: lunghezza delle aste degli eccentrici $1^{m},00$; eccentricità di questi $0^{m},12$; loro angolo di calettamento 117°; distanza fra i due punti del settore a cui sono articolate le aste degli eccentrici $0^{m},80$; perpendicolare abbassata dal centro del settore su questa retta $1^{m},08$; raggio del settore $1^{m},40$; distanza del punto di sospensione del settore da uno qualunque dei due punti di esso, a cui sono unite le aste degli eccentrici $0^{m},66$; lunghezza dell'asta di sospensione del settore $1^{m},31$; lunghezza della manovella a cui quest'asta è articolata $0^{m},58$; distanza fra l'asse di rotazione di questa manovella e l'asse dell'albero motore $1^{m},86$.

II.

Diagramma elittico della distribuzione del vapore col settore di Stephenson.

Curva di distribuzione. — Chiamasi curva di distribuzione quella curva a coordinate rettangole, avente per ascisse gli spazii percorsi dallo stantuffo e per ordinate quelli percorsi simultaneamente dalla valvola.

Costrurremo questa curva per il meccanismo di distribuzione col settore di Stephenson, di cui parlammo alla fine del N. 1 e disegnato nella fig. 3^{a}, tav. 1. Cominceremo coll'ottenere i valori delle ordinate, cioè degli spazii percorsi dalla valvola.

Nè ci sarà possibile di riescire nel nostro intento senza seguire, per una determinata posizione del settore, ciò che

avvenga ad ogni istante nella rotazione dell'albero motore e per ogni punto del settore.

Sceglieremo dapprima per posizione del settore quella detta del *punto morto;* ed in seguito una sua posizione estrema.

Costruzione delle curve descritte dai principali punti del settore, e dello spazio percorso dalla valvola nella posizione del punto morto. — Principiando adunque dalla posizione del punto morto, vediamo che cosa avvenga in un giro completo dell'albero motore.

In primo luogo bisognerà disporre il meccanismo in tale posizione (fig. 2ª, tav. I).

A tale scopo ci gioveranno le dimensioni date più sopra.

Messi a posto i punti *A* e *B* ed immaginando che la manovella motrice sia nella sua posizione iniziale *A M*, avremo, essendo di 117° l'angolo di calettamento, le posizioni rispettive *e* ed *e'* dei centri degli eccentrici. Le aste di tali eccentrici potremo pure condurre, osservando che i loro due estremi distano fra loro di $0^m,80$ e che la retta *c c'*, che li unisce, deve, per la posizione iniziale della manovella, essere perpendicolare ad *XY* e tagliata per metà da questa stessa retta. Il centro del settore si troverà sulla *XY* ad una distanza $\alpha\beta = 1^m,08$ dal mezzo α della retta *c c'*. Il fessoio dovendo trovarsi sempre sulla retta *XY* e sull'arco medio del settore, ne avremo la posizione portando da β in 0 la lunghezza $1^m,40$ del raggio del settore.

Il punto di sospensione *D* del settore sarà esso pure, nella posizione iniziale della manovella, sulla retta *XY* e distante $0^m,66$ dai punti *c* e *c'*. Si otterrà così facilmente la posizione *D m* dell'asta di sospensione e della sua manovella *B m*.

Ciò fatto, vediamo ciò che avviene girando l'albero motore e rimanendo fissa la posizione della manovella *B m*. Il

punto *D* non potrà muoversi che su di un arco descritto con centro *m* e raggio *m D*. Il fessoio si conserverà sempre sulla retta *XY*.

Supponiamo che la manovella motrice *A M'* faccia una sedicesima parte del suo giro, ossia passi dalla posizione *A M* all'altra *AM'*. — I centri degli eccentrici verranno trasportati in *I* ed 1. E per l'invariabilità del sistema il punto *c* dovrà trovarsi su di un arco di circolo *a b* di centro *I* e di raggio eguale all'asta d'eccentrico $= 1^m, 00$; il punto *c'* andrà certamente sull'arco *c d* dello stesso raggio e di centro 1.

Ora siccome i tre punti *c*, *c'*, *D* del settore sono sempre a distanze invariabili fra loro; bisognerà fare in modo che senza variare tali distanze il punto *D* si conservi sull'arco *D* γ, il punto *c* si trovi sull'arco *a b*, ed il punto *c'* sull'arco *c d*. E ciò si ottiene a tentativi per mezzo d'una sagoma del triangolo invariabile $c_i\, c_i' D$ che questi tre punti formano. Si otterranno quindi le loro nuove posizioni D_i, c_i, c_i'. Si tiri la retta $c_i\, c_i'$, sarà dessa la nuova posizione della *c c'*. Innalzando dal mezzo di $c_i\, c_i'$ una perpendicolare lunga quanto α β, si avrà in β_i la nuova posizione del centro del settore. Fatto centro in β_i con raggio eguale a β 0, si tagli la retta *XY* in 1, essa sarà la nuova posizione del fessoio. Il cassetto dunque, che è unito invariabilmente al fessoio avrà, dalla posizione iniziale *A M* della manovella, alla posizione *A M'*, percorso lo spazio 0 1.

Sia *A M''* un'altra posizione della manovella. Si otterranno similmente le nuove posizioni c_{ii}, c_{ii}' dei punti *c c'*; D_{ii} sarà la nuova posizione del punto *D* di sospensione del settore, $c_{ii}\, c_{ii}'$ la posizione corrispondente della retta *c c'*, β_{ii} il centro del settore, 2 la posizione del fessoio, 12 lo spazio percorso dal fessoio e dalla valvola mentre che la manovella motrice passa dalla posizione *A M'* alla posizione *A M''*.

Egli è procedendo in questo modo che sulla fig. 1ª, Tav II si è studiato il moto del fessoio a cui è unito il cassetto distributore.

Sul detto disegno la costruzione che concerne la posizione del punto morto del settore è fatta con linee fine.

Si è diviso il circolo descritto dall'estremità della manovella motrice in 16 parti eguali e si sono fatte prendere ad essa ed al meccanismo successivamente le 16 posizioni corrispondenti ai punti di divisione.

Col metodo or ora spiegato si sono ottenute le 16 posizioni corrispondenti dei punti c, c', D e del centro del settore.

In quanto al punto D si è detto che percorre l'arco $D\gamma$: la curva $C\,L\,N\,M$ ottenuta riunendo tutte le 16 posizioni ricavate dal punto C rappresenterà la curva descritta da esso nell'intero giro della manovella; la curva $C'\,L'\,N'\,M'$ sarà la curva descritta nello stesso tempo dal punto C', e finalmente la curva $\beta\Omega\Delta\Sigma$ sarà il luogo geometrico delle posizioni del centro del settore. La retta VV' sarà la corsa intera del fessoio, o che fa lo stesso della valvola distributrice.

Analoga costruzione per la posizione estrema del settore. — Ed in modo affatto analogo si dovrà operare, ed abbiamo operato sul disegno per la costruzione di dette curve onde ottenere la corsa del cassetto, quando il settore a luogo di trovarsi nella posizione del punto morto si trovasse in una delle posizioni estreme, quella della marcia diretta a tutto vapore.

Si riferiscono a questa costruzione le linee grosse.

Per questa posizione estrema del settore a *tutto vapore* (fig. 2ª, tav. I) egli è evidente che si dovrà, col volante a mano, trasportare la manovella mB alla posizione verticale

nB. Il punto D allora verrà in D_e, ed immaginando che la manovella motrice continui a girare, esso punto D sarà costretto a muoversi sull'arco $D_e\,\gamma_e$. Il punto D_e corrispondente alla posizione iniziale della manovella motrice si otterrà nel modo seguente: fatto centro successivamente nei punti e, e' centri dei due eccentrici si descriveranno due archi di circolo di raggi entrambi eguali a 1^m, 00, lunghezza dell'asta dell'eccentrico.

Indi colla sagoma, di cui già ci siamo serviti, del triangolo invariabile $c\,c'\,D$ si farà in modo che mentre i punti c e c' della sagoma cadranno sugli archi ora descritti di centro e ed e' il punto D sia sull'arco $D_e\,\gamma_e$. La posizione che esso occupa su quest'arco sarà evidentemente la posizione cercata, mentre C e C_1 saranno quelle corrispondenti dei punti c, c'. Le diverse posizioni del fessoio, corrispondenti alle diverse posizioni della manovella, si otterranno sulla retta XY, ma noi (fig. 1ª, Tav. II) le abbiamo trasportate più abbasso nella retta ZZ' acciocchè non fossero confuse con quelle ottenute pella posizione del punto morto del settore.

Ottenuti così, con questa ingegnosa costruzione, gli spazii percorsi dalla valvola di distribuzione, il nostro compito, quello cioè della costruzione del diagramma elittico della distribuzione, resta d'assai abbreviato.

Spazii percorsi dallo stantuffo. — Si è detto che il diagramma elittico deve avere per ascisse gli spazii percorsi dallo stantuffo motore e per ordinate quelli percorsi nello stesso tempo dalla valvola.

Di già si sono ottenuti questi ultimi; ci rimangono a determinare gli spazii percorsi dallo stantuffo nel mentre che la manovella motrice passa dall'una all'altra delle 16 posizioni che le si diedero.

E per ottenere ciò non è al certo necessaria una complicata costruzione. Imperocchè sappiamo che si ha l'ampiezza dello spazio percorso dallo stantuffo motore proiettando sulla retta che corrisponde alla posizione iniziale della manovella lo spazio circolare descritto dall' estremo della manovella medesima.

Costruzione del diagramma elittico. — Ciò posto ecco la via a seguirsi per la costruzione del diagramma elittico della distribuzione. Ci riferiremo alla fig. 2ª, Tav. II. — I tre rettangoli A, B, C rappresentano le tre luci di distribuzione e di scarica del vapore, alle quali venne assegnata una lunghezza eguale alla corsa dello stantuffo.

Fatto centro nel centro della luce intermedia o di scarica C, si è descritta una circonferenza di circolo avente per raggio la lunghezza della manovella motrice. Questa circonferenza venne divisa in 16 parti eguali partendo da a e si abbassarono le ordinate di tutti i punti di divisione.

Gli spazii percorsi dallo stantuffo corrispondentemente ai medesimi punti sono eguali alle distanze comprese fra i piedi di queste ordinate ed il punto a per la corsa in un senso, ed il punto 8 per la corsa nell' altro senso dello stantuffo.

Volendo costrurre la curva descritta dal punto O della valvola, bisognerà determinare quale sia la sua posizione quando la manovella è nella posizione iniziale.

Per una qualunque posizione del settore, cioè indipendentemente da questo, osserveremo che qualunque sia la corsa della valvola essa si troverà nella posizione V quando essa è alla metà della sua corsa. Onde dividendo per metà la corsa VV' della valvola, per la posizione del punto morto del settore, e portando da O in basso una lunghezza eguale alla distanza fra il punto di mezzo della corsa e il punto

zero, avremo in O' la posizione del punto O della valvola, corrispondente alla posizione iniziale della manovella. Si conduca da O' una retta parallela ad $a8$, essa sarà l' asse dell'ascisse, ed $O'Y$ quello delle ordinate. Onde avere quindi ad esempio il punto della curva di distribuzione corrispondente alla posizione 2 della manovella, sull'ordinata passante pel punto 2 della circonferenza, verso l'alto e partendo dall'asse $O'X$ si porterà una distanza eguale a quella compresa fra il punto 0 e il punto 2 della corsa del fessoio.

Similmente si otterranno tutti gli altri punti i quali riuniti, fra loro ci daranno la curva descritta dal punto O'. La curva descritta sempre nella posizione del punto morto del settore, dal punto S'' sarà identica assolutamente a quella descritta da O', eccetto che quella ci indicherà le vicende della scarica, e questa quelle dell'introduzione.

In modo perfettamente identico si costruiscono le curve della distribuzione, allorchè il settore è nella posizione estrema.

Costrutta la curva della distribuzione si hanno le durate dei periodi di questa, facendo camminare una sagoma della valvola V per modo che essa si conservi parallela alla posizione attuale, ed inoltre il punto O' si trovi sempre sulla curva.

Riflettendo allora che acciò per la camera del cilindro riferentesi p. es. alla luce B abbiano luogo la scarica del vapore, ovvero l'introduzione di nuovo, fa d'uopo rispettivamente che la luce medesima sia smascherata verso l'interno oppure verso l'esterno della valvola, potremo farci un'idea dei diversi periodi della distribuzione.

Dalla posizione $O' S''$ del piede della valvola fino alla posizione $\omega \sigma$ la luce B è aperta verso l'interno, e si ha quindi scarica; da $\omega \sigma$ alla posizione $\omega' \sigma'$ la luce è chiusa tanto

all'interno quanto all'esterno; ha quindi luogo il periodo di compressione. Nella posizione $\omega' \sigma'$ del piede del cassetto, la luce si apre verso l'esterno, e quindi fino alla fine della corsa avrà luogo anticipazione all'introduzione. Dal principio della corsa retrograda fino alla posizione $\omega'' \sigma''$ ha luogo il periodo d'introduzione perchè la luce B è sempre aperta all'esterno.

Fra le posizioni $\omega'' \sigma''$ ed $\omega''' \sigma'''$ la luce è chiusa; ha luogo il periodo d'espansione.

Finalmente fra la posizione $\omega''' \sigma'''$ e la fine della corsa retrograda ha luogo l'anticipazione alla scarica.

La brevità dei periodi dell'introduzione e della scarica in questa curva che corrisponde alla posizione del punto morto del settore, ed anche l'ampiezza dei periodi di compressione ed espansione ci fa comprendere come lo stantuffo debba fermarsi prima di aver compiuto una intiera corsa, ma che però, come abbiamo detto più innanzi, esso non sia completamente fermo per tutta la corsa come se la luce fosse perfettamente chiusa, ma soggetta a quei movimenti che possono cagionarle la breve introduzione e la troppo lunga espansione.

Ciò non avviene più per la posizione estrema del settore, ed a tutto vapore, per cui abbiamo anche descritta la curva di distribuzione. Ivi si trovano come per l'altra curva i diversi periodi, e dalla loro ampiezza ci persuaderemo che realmente la macchina è a tutto vapore.

Filippo Clavarino.